



⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 198 26 036 A 1

⑩ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 04 J 13/00**  
H 04 L 27/01  
H 04 Q 7/20

93

⑪ Aktenzeichen: 198 26 036.9  
⑫ Anmeldetag: 12. 6. 98  
⑬ Offenlegungstag: 16. 12. 99

⑪ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑪ Erfinder:  
Kowalewski, Frank, Dr., 37085 Göttingen, DE

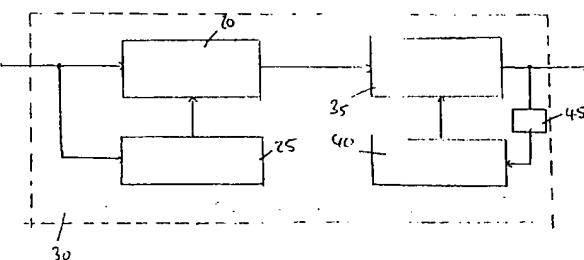
⑬ Entgegenhaltungen:  
DE 195 08 177 C1  
DE 34 03 715 A1  
GB 22 82 300 A  
PROAKIS, John G.: Digital Communication, 3. Aufl.  
McGraw-Hill, New York, 1995;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑭ Verfahren zur Trennung von mehreren überlagerten codierten Nutzernsignalen

⑮ Es wird ein Verfahren zur Trennung von mehreren überlagerten codierten Nutzernsignalen und zur Unterdrückung von Verzerrungen eines Funksignal, die sich aufgrund von Mehrwegeempfang ergeben, vorgeschlagen. Bei einer Punkt-zu-Mehrpunkt-Übertragung, insbesondere bei einer Übertragung eines CDMA-codierten Funksignals (Code Division Multiple Access) von einer Basisstation (1) zu einer Mobilstation (5, 10, 15) wird in einem ersten Schritt eine Schätzung  $\hat{s}_k$  einer Impulsantwort  $\hat{s}_k$  ermittelt, die einen Übertragungskanal zu einem Nutzer  $k$  für den Mehrwegeempfang beschreibt. Verzerrungen des empfangenen Funksignals aufgrund des Mehrwegeempfangs werden von einem Entzerrer (30) des Nutzers  $k$  in Abhängigkeit der Schätzung  $\hat{s}_k$  unterdrückt. In einem zweiten Schritt werden aus dem entzerrten empfangenen Funksignal die codierten Nutzernsignale in Abhängigkeit von bei der Codierung der Nutzernsignale verwendeten Codes voneinander getrennt. In dem zweiten Schritt werden aus dem entzerrten empfangenen Funksignal Interferenzen, die sich aus der Überlagerung der codierten Nutzernsignale ergeben, in Abhängigkeit der bei der Codierung der Nutzernsignale verwendeten Codes eliminiert, wobei vorzugsweise ein Joint-Detection-Verfahren, insbesondere mit einer Datenentscheidung gemäß einem Decision-Feedback-Verfahren angewendet werden kann.



DE 198 26 036 A 1

DE 198 26 036 A 1

# DE 198 26 036 A 1

## Beschreibung

### Stand der Technik

5 Die Erfindung geht von einem Verfahren zur Trennung von mehreren überlagerten codierten Nutzernsignalen nach der Gattung des Hauptanspruchs aus.

Aus dem Artikel "Zero forcing and minimum mean-square-error equalization for multiuser detection in code-division-multiple-access channels" der Zeitschrift "IEEE Transactions on vehicular technology, VOL. 45, NO. 2, MAY 1996" ist bereits ein Code-Division Multiple-Access (CDMA) System bekannt, in dem über zeitabhängige Mehrwegekanäle 10 sowohl Intersymbolinterferenz (ISI) als auch Mehrfachzugriffsinterferenz oder Mehrfachnutzerinterferenz (MAI) auftreten. Der herkömmliche Suboptimumempfänger besteht dabei aus einer Reihe angepaster Filter und ist oftmals ineffizient, da Interferenz als Rauschen behandelt wird. In der Druckschrift werden vier Suboptimumdetektionstechniken beschrieben, die auf Zero-Forcing (ZFBLE) und Minimum-Mean-Square-Error (MMSE) Entzerrung mit und ohne Decision Feedback (DF)-Verfahren basieren. Diese Verfahren dienen sowohl zur Unterdrückung von ISI als auch zur Unterdrückung von MAI und werden allgemein als Joint-Detection-Verfahren bezeichnet. Die Rechenkomplexität ist für alle 15 vier Entzerrer im wesentlichen gleich.

Durch geeignete Wahl der CDMA-Codes kann die Mehrfachnutzerinterferenz klein gehalten werden. Für verschwindende Mehrfachnutzerinterferenz liefert ein sogenannter Rake-Empfänger optimale Detektionsergebnisse gemäß "Digital Communications", John G. Proakis, 3. Auflage, McGraw-Hill, New York, 1995. Rake-Empfänger haben den Nachteil, durch Mehrfachnutzerinterferenz gestört zu werden. Der Rechenaufwand für einen Rake-Empfänger ist dabei erheblich niedriger als bei den genannten Joint-Detection-Verfahren.

Außerdem müssen die Daten bei den genannten Joint-Detection-Verfahren blockweise im Empfänger detektiert werden. Dadurch werden die ersten Symbole eines Datenblocks mit relativ großen Verzögerungen empfangen.

## 25 Vorteile der Erfindung

Das erfundungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß bei einer Punkt-Zu-Mehrpunkt-Übertragung, insbesondere bei einer Übertragung eines CDMA-codierten Funksignals von einer Basisstation zu einer Mobilstation in einem ersten Schritt eine Schätzung  $\hat{h}^{(k)}$  einer Impulsantwort  $\hat{h}^{(k)}$  ermittelt 30 wird, die einen Übertragungskanal zu einem Nutzer  $k$  für den Mehrwegeempfang beschreibt, daß Verzerrungen des empfangenen Funksignals aufgrund des Mehrwegeempfangs von einem Entzerrer des Nutzers  $k$  in Abhängigkeit der Schätzung  $\hat{h}^{(k)}$  unterdrückt werden und daß in einem zweiten Schritt aus dem entzerrten empfangenen Funksignal die codierten Nutzernsignale in Abhängigkeit von bei der Codierung der Nutzernsignale verwendeten Codes voneinander getrennt werden. Im ersten Schritt werden dabei die durch den Mehrwegeempfang sich ergebenden Intersymbolinterferenzen 35 (ISI) eliminiert, wofür kontinuierlich eine Impulsantwort für den zeitabhängigen Übertragungskanal geschätzt werden muß. Im zweiten Schritt werden die codierten Nutzernsignale allein in Abhängigkeit der für die Codierung verwendeten Codes getrennt. Da die für die Codierung der Nutzernsignale verwendeten Codes im Empfänger bekannt und so lange zeitlich invariant sind, wie bestehende Funkverbindungen nicht beendet und keine neuen Funkverbindungen aufgebaut werden, ist eine effektive Trennung der codierten Nutzernsignale in diesem Zeitraum bei minimalem Rechenaufwand 40 möglich.

Durch die Unterdrückung der Intersymbolinterferenz (ISI) im ersten Schritt werden gegenseitige Störungen aufeinanderfolgender Symbole eliminiert, so daß im zweiten Schritt die Trennung der codierten Nutzernsignale symbolweise durchgeführt werden kann. Auf diese Weise sind geringere Verzögerungen bei der Detektion der Daten möglich im Vergleich zu einer blockweisen Detektion.

45 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, daß in dem zweiten Schritt aus dem entzerrten empfangenen Funksignal Interferenzen, die sich aus der Überlagerung der codierten Nutzernsignale ergeben, in Abhängigkeit der bei der Codierung der Nutzernsignale verwendeten Codes eliminiert werden, vorzugsweise nach einem Joint-Detection-Verfahren. Auf diese Weise kann die 50 Unterdrückung von Mehrfachnutzerinterferenzen (MAI) von der Unterdrückung von ISI, die auf einer permanent erforderlichen Schätzung der Impulsantwort für den Übertragungskanal beruht, getrennt und auf diese Weise erheblicher Rechenaufwand eingespart werden, da die Entzerrung von MAI auf den im Empfänger bekannten und für den beschriebenen Zeitraum zeitlich invarianten Codes basiert. Der Rechenaufwand für das erfundungsgemäße Verfahren liegt in der selben Größenordnung wie beim Rake-Empfänger. Dabei ermöglicht das erfundungsgemäße Verfahren zusätzlich zur 55 Entzerrung von ISI auch die Eliminierung von MAI.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Verwendung zueinander orthogonaler Codevektoren. Auf diese Weise liegt nach dem ersten Schritt des erfundungsgemäßen Verfahrens im wesentlichen keine MAI mehr vor und muß bei der Trennung der codierten Nutzernsignale im zweiten Schritt nicht mehr eliminiert werden.

## 60 Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 Funkverbindungen zwischen einer Basisstation und zwei Mobilstationen und Fig. 2 ein Blockdiagramm für einen Empfänger in einer Mobilstation.

## 65 Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 kennzeichnet 1 eine Basisstation, die beispielsweise in einem UMTS-System (Universal Mobile Telecommu-

nication System) betrieben werden kann und eine Funkverbindung zu einer ersten Mobilstation 5, einer zweiten Mobilstation 10 und einer dritten Mobilstation 15 unterhalten kann. Gemäß Fig. 1 besteht jeweils eine Funkverbindung zwischen der Basisstation 1 und der ersten Mobilstation 5 sowie zwischen der Basisstation 1 und der zweiten Mobilstation 10. Das erfindungsgemäße Verfahren wird dabei bei einer Punkt-zu-Mehrpunkt-Übertragung angewendet, d. h. bei einer Übertragung von der Basisstation 1 zur entsprechenden Mobilstation, d. h. im beschriebenen Ausführungsbeispiel zur ersten Mobilstation 5 und zur zweiten Mobilstation 10. Im folgenden soll nur die Funkübertragung von der Basisstation 1 zur ersten Mobilstation 5 betrachtet werden.

In Fig. 2 ist ein Blockschaltbild eines in der ersten Mobilstation 5 angeordneten Empfängers 30 dargestellt. Das von der ersten Mobilstation 5 empfangene Funksignal wird dabei einem Entzerrer 20 zugeführt. Das empfangene Funksignal wird außerdem einem Kanalschätzer 25 stellt in Abhängigkeit des empfangenen Funksignals Parameter des Entzerrers 20 ein. Ein vom Entzerrer 20 entzerrtes Signal wird einem Mehrfachnutzertdetektor 35 zugeführt, dem von einem Codespeicher 40 Codes zuführbar sind. Am Ausgang des Mehrfachnutzertdetektors 35 liegt eine Schätzung des von der Basisstation 1 gesendeten Funksignals an, die einem Entscheider, beispielsweise einem herkömmlichen Schwellwertentscheider, der beispielsweise nach einem Decision Feedback Verfahren (DF) rückgekoppelt sein kann, für eine digitale Weiterverarbeitung zugeführt werden kann. Ein solcher Entscheider kann im Empfänger 30 oder getrennt von diesem angeordnet sein und ist in Fig. 2 nicht mehr dargestellt. Gemäß Fig. 2 entspricht der Ausgang des Mehrfachnutzertdetektors 35 auch dem Ausgang des Empfängers 30.

Durch Codevielfachzugriff oder Code-Division-Multiple-Access (CDMA) lassen sich mehrere Datenströme gleichzeitig über einen Übertragungskanal versenden. Dazu werden die Datenströme codiert zu einem Gesamtsignal zusammengefaßt und durch geeignete Empfänger aus dem übertragenen Gesamtignal wieder extrahiert. Im beschriebenen Ausführungsbeispiel wird der Datenstrom von der Basisstation 1 zur ersten Mobilstation 5 und der Datenstrom von der Basisstation 1 zur zweiten Mobilstation 10 jeweils codiert. Der ersten Mobilstation 5 und der zweiten Mobilstation 10 wird dabei jeweils ein Code zugeordnet. Im folgenden soll die Übertragung digitaler Daten von der Basisstation 1 zur ersten Mobilstation 5 und zur zweiten Mobilstation 10 angenommen werden. Dabei ist das erfindungsgemäße Verfahren nicht auf digitale Übertragung beschränkt, sondern auch für analoge Übertragung anwendbar. Der ersten Mobilstation 5 wird ein erster individueller Codevektor  $\bar{c}^{(1)}$  mit einer vorgegebenen Anzahl Q von Komponenten  $c_1^{(1)}, c_2^{(1)}, \dots, c_Q^{(1)}$  und der zweiten Mobilstation 10 ein zweiter individueller Codevektor  $\bar{c}^{(2)}$  mit der vorgegebenen Anzahl Q von Komponenten  $c_1^{(2)}, c_2^{(2)}, \dots, c_Q^{(2)}$  zugeordnet. Es ist auch möglich, für beide Codevektoren  $\bar{c}^{(1)}, \bar{c}^{(2)}$  eine unterschiedliche Anzahl von Komponenten zu wählen. Bei den Komponenten der beiden Codevektoren  $\bar{c}^{(1)}, \bar{c}^{(2)}$  kann es sich beispielsweise um eine Pseudozufallsfolge handeln. Dabei können beispielsweise die Komponenten  $c_i^{(k)} = +1/-1$  sein, wobei  $i=1, 2, \dots, Q$  und  $k=1, 2$  gewählt werden. Für die Anzahl Q von Komponenten der Codevektoren kann beispielsweise der Wert 16 gewählt werden. Die Codevektoren  $\bar{c}^{(1)}, \bar{c}^{(2)}$  haben somit in dem beschriebenen Beispiel eine Länge von 16 Komponenten. Die von der Basisstation 1 an die erste Mobilstation 5 und die zweite Mobilstation 10 mittels Funksignalen abgestrahlten Daten werden im folgenden als Nutzersignale bezeichnet. Bei der Codierung der Nutzersignale in der Basisstation 1 werden für die erste Mobilstation 5 Datenblöcke  $\bar{d}^{(1)}$  mit einer vorgegebenen Anzahl M von Datensymbolen  $d_1^{(1)}, d_2^{(1)}, \dots, d_M^{(1)}$  und für die zweite Mobilstation 10 Datenblöcke  $\bar{d}^{(2)}$  mit der vorgegebenen Anzahl M von Datensymbolen  $d_1^{(2)}, d_2^{(2)}, \dots, d_M^{(2)}$  codiert. Dabei wird jedes der Datensymbole  $d_i^{(k)}$ ,  $i=1, 2, \dots, M$  und  $k=1, 2$  nacheinander mit allen Komponenten  $c_j^{(k)}$ ,  $j=1, 2, \dots, Q$ ,  $k=1, 2$  des zugehörigen Codevektors  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  multipliziert. Auf diese Weise wird ein codierter Nutzersignalvektor  $\bar{s}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  mit den dabei entstehenden Produkten  $d_1^{(k)}c_1^{(k)}, \dots, d_1^{(k)}c_Q^{(k)}, \dots, d_M^{(k)}c_1^{(k)}, \dots, d_M^{(k)}c_Q^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  als Komponenten gebildet. Somit wird bei dem beschriebenen Beispiel jedes Datensymbol oder Bit des Datenblocks  $d(k)$ ,  $k=1, 2$  durch Multiplikation mit allen Komponenten des zugehörigen Codevektors  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  auf eine Länge von 16 bit gespreizt. Bei Wahl der Komponenten  $c_i^{(k)} = +1/-1$ ,  $i=1, 2, \dots, Q$ ,  $k$  gleich 1, 2 werden die Datensymbole der Datenblöcke  $\bar{d}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  entweder unverändert übertragen oder invertiert. Für den Fall, daß die Anzahl M von Datensymbolen in einem Datenblock gleich 1 gewählt wird, erfolgt eine bit- oder symbolweise Codierung der Datensymbole, die dann nach Empfang im Empfänger 30 auch wieder bitweise detektiert werden, wobei eine bit- oder symbolweise Detektion auch für den Fall möglich ist, in dem blockweise Datensymbole in einem Sender codiert wurden.

Zur Bildung des Codevektors  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  wird folgende Definition verwendet:

$$\bar{c}^{(k)} = (c_1^{(k)}, \dots, c_Q^{(k)}), k=1, \dots, K,$$

wobei K die Anzahl der augenblicklichen Nutzer, d. h. der augenblicklich über Funk mit der Basisstation 1 verbundenen Mobilstationen ist. Im beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Anzahl K der augenblicklichen Nutzer gleich 2, da zwei Mobilstationen 5, 10 über Funk mit der Basisstation 1 verbunden sind. Die Anzahl K der augenblicklichen Nutzer kann jedoch auch größer oder kleiner sein, je nachdem, wieviele Mobilstationen augenblicklich mit der Basisstation 1 in Funkverbindung stehen. Die Definition für die Datenblöcke  $\bar{d}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  lautet:

$$\bar{d}^{(k)} = (d_1^{(k)}, \dots, d_M^{(k)}) k=1, \dots, K$$

mit K gleich 2 im beschriebenen Ausführungsbeispiel. Durch Codierung der Datenblöcke mit den Codevektoren  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  ergeben sich die codierten Nutzersignale  $\bar{s}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  gemäß der Rechenvorschrift:

$$\bar{s}^{(k)} = (d_1^{(k)}c_1^{(k)}, \dots, d_1^{(k)}c_Q^{(k)}, \dots, d_M^{(k)}c_1^{(k)}, \dots, d_M^{(k)}c_Q^{(k)})$$

mit  $k=1, \dots, K$   
mit  $K=2$  im beschriebenen Ausführungsbeispiel.

Durch die Codierung der Datenblöcke mit den Codevektoren ist jedes Datensymbol mit 16 Komponenten codiert. Eine unveränderte Übertragungsrate für die Datensymbole erfordert daher eine entsprechende Vergrößerung des Übertragungsfrequenzbereiches. Die auf diese Weise erzielte Redundanz bei der Datenübertragung von der Basisstation 1 zur ersten Mobilstation 5 beträgt 16 bit.

# DE 198 26 036 A 1

sten Mobilstation 5 und zur zweiten Mobilstation 10 führt zu einer höheren Störsicherheit bei der Übertragung.

Die codierten Nutzsignalvektoren  $\bar{s}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  werden in der Basisstation 1 additiv zu einem codierten Gesamtnutzersignalvektor

$$5 \quad \bar{s} = \sum_{k=1}^K \bar{s}^{(k)}$$

10 mit  $K=2$  überlagert und durch den Übertragungskanal sowohl zur ersten Mobilstation 5 als auch zur zweiten Mobilstation 10 übertragen. An die erste Mobilstation 5 und an die zweite Mobilstation 10 wird somit das gleiche Signal, nämlich der codierte Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{s}$  übertragen. Der im Empfänger 30 empfangene codierte Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{s}$  enthält im allgemeinen Störungen:

15 Durch Mehrwegeübertragung werden zeitlich nacheinander gesendete Daten überlagert. Dies führt zur Intersymbolinterferenz (ISI). Für den Fall, daß die Codevektoren  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  nicht orthogonal in der Basisstation 1 gewählt wurden, kommt es bei der Überlagerung der codierten Nutzsignalvektoren  $\bar{s}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  zum codierten Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{s}$  auch zu gegenseitigen Störungen der übertragenen Datenströme bzw. codierten Nutzsignalvektoren  $\bar{s}^{(k)}$ . Diese Störungen werden als Mehrfachnutzerinterferenz (MAI) bezeichnet. Mit dem codierten Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{s}$  wird, vorzugsweise wiederholt, eine Referenzdatenfolge übertragen. Die im Empfänger 30 empfangene Referenzdatenfolge wird im Kanalschätzer 25 mit einer vorbekannten Referenzdatenfolge verglichen. Das Vergleichsergebnis liefert dabei eine Schätzung  $\bar{h}^{(k)}$  für die Impulsantwort  $h^{(k)}$  des Funkübertragungskanals von der Basisstation 1 zum Empfänger 30 der ersten Mobilstation 5. Im folgenden wird nur noch diese Funkverbindung zwischen der Basisstation 1 und der ersten Mobilstation 5 betrachtet und  $k$  somit im folgenden gleich 1 gewählt. Der Kanalschätzer 25 stellt nun in Abhängigkeit der Schätzung  $\bar{h}^{(1)}$  veränderbare Parameter des Entzerrers 20 ein. Auf diese Weise ergibt sich näherungsweise eine Impulsantwort  $\bar{e}^{(1)}$  des Entzerrers 20 mit

$$25 \quad \bar{h}^{(1)} \cdot \bar{e}^{(1)} = 1.$$

30 Im allgemeinen enthält der Funkübertragungskanal zur ersten Mobilstation 5 zusätzliches additives Rauschen  $\bar{n}^{(1)}$ . Die erste Mobilstation 5 empfängt dann den rauschbehafteten codierten Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{r}^{(1)}$  mit

$$35 \quad \bar{r}^{(1)} = \bar{s}^{(1)} \cdot \bar{h}^{(1)} + \bar{n}^{(1)}.$$

Am Ausgang des Entzerrers 20 ergibt sich dann ein entzerrter codierter Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{r}'^{(1)}$  mit

$$35 \quad \bar{r}'^{(1)} \approx \bar{s} + \bar{n}^{(1)} \cdot \bar{e}^{(1)}.$$

40 Der entzerrte codierte Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{r}'^{(1)}$  besteht dann auf einem Teil, der näherungsweise mit dem gesendeten codierten Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{s}$  übereinstimmt zuzüglich des mit dem Entzerrer 20 bearbeiteten additiven Rauschens  $\bar{n}^{(1)}$  des Funkübertragungskanals von der Basisstation 1 zur ersten Mobilstation 5. Im Entzerrer 20 ist somit in einer ersten Stufe der empfangene rauschbehaftete codierte Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{r}'^{(1)}$  von der durch Mehrwegeempfang gebildeten ISI befreit worden. Vor allem bei Bewegung der ersten Mobilstation 5 ändert sich die Impulsantwort  $\bar{h}^{(1)}$  des Funkübertragungskanals zwischen der Basisstation 1 und der ersten Mobilstation 5 ständig aufgrund der sich ständig verändernden Mehrwegeempfangsbedingungen, so daß die Impulsantwort  $\bar{e}^{(1)}$  des Entzerrers 20 ständig neu berechnet werden muß.

45 In einem zweiten Schritt muß nun aus dem entzerrten codierten Gesamtsignalvektor  $\bar{r}'^{(1)}$  das codierte Nutzsignal für die erste Mobilstation 5 möglichst fehlerfrei zurückgewonnen werden. Dabei wird im Mehrfachnutzerdetektor 35 aus dem im ersten Schritt gebildeten entzerrten codierten Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{r}'^{(1)}$  ein decodierter Nutzsignalvektor  $\bar{d}'^{(1)}$  für die erste Mobilstation 5 unter Verwendung eines Empfänger-Vektors  $\bar{a}^{(1)}$  mit folgender Rechenvorschrift gebildet:

$$50 \quad \bar{d}'^{(1)} = \left( \begin{array}{ccccc} \bar{a}^{(1)} & \bar{0} & \dots & \bar{0} & \bar{0} \\ \bar{0} & \bar{a}^{(1)} & \bar{0} & \dots & \bar{0} \\ \bar{0} & \bar{0} & & & \bar{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \bar{0} & \bar{0} & & \bar{0} & \bar{0} \\ \bar{0} & \bar{0} & \bar{0} & \dots & \bar{a}^{(1)} \\ \bar{0} & \bar{0} & \dots & \bar{0} & \bar{a}^{(1)} \end{array} \right)^T \cdot \bar{r}'^{(1)T}.$$

65 Diese Rechenvorschrift wird auch bei Zero-Forcing-Block-Linear-Estimator-Verfahren (ZFBLE) angewendet. Diese Verfahren sind in "zero forcing and minimum Mean-Square-Error equalization for multiuser detection in code-division-multiple-access-channels" der Druckschrift "IEEE Transactions on vehicular technology", VOL. 45, NO. 2, MAY 1996" näher beschrieben und stellen ein sogenanntes Joint-Detection-Verfahren dar. Bei den in dieser Literaturstelle beschriebenen ZFBLE-Verfahren wird in einem gemeinsamen Rechenschritt sowohl die ISI als auch die MAI eliminiert, wobei

dann im Gegensatz zur beschriebenen Rechenvorschrift für  $\bar{d}^{(1)}$  auch Elemente in der Matrix zur Berechnung von außerhalb der Hauptdiagonalen ungleich dem Nullvektor sind. Anstelle eines ZFBLE-Verfahrens kann auch ein Minimum Mean-Square-Error-Verfahren (MMSE) zur Berechnung des decodierten Nutzersignalvektors  $\bar{d}^{(1)}$  verwendet werden, das ebenfalls ein Joint-Detection-Verfahren darstellt und in der genannten Druckschrift beschrieben wird. Beide Verfahren können gemäß der genannten Druckschrift zusätzlich mit einem Decision-Feedback-Verfahren (DF) kombiniert werden, das bei der Entscheidung eines Datensymbols am Ausgang des Mehrfachnutzertdetektors 35 die entschiedenen Datensymbole vorher detekterter Daten verwendet. Die Datenentscheidung am Ausgang des Mehrfachnutzertdetektors 35 kann beispielsweise durch eine Schwellwertoperation vorgenommen werden. Aus dem decodierten Nutzersignalvektor  $\bar{d}^{(1)}$ , der nach dem ZFBLE-Verfahren vom Mehrfachnutzertdetektor 35 detektiert wurde, können anschließend die Datensymbole beispielsweise unter Verwendung des DF entschieden werden. Die Entscheidung stellt dabei einen nichtlinearen Vorgang dar.

Für den Fall, daß zueinander orthogonale Codevektoren  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  bei der Codierung der Nutzsignale in der Basisstation 1 verwendet werden, ergibt sich im Idealfall keine MAI. Im UMTS ist dies der Fall, da zur Codierung der Nutzsignalevektoren in der Basisstation 1 zueinander orthogonale Codevektoren  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  verwendet werden. Die Orthogonalität der Codevektoren  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  geht zwar durch Mehrwegeempfang verloren, wird aber durch die Kompensation der durch den Mehrwegeempfang entstehenden ISI durch den Entzerrer 20 im wesentlichen wiedergewonnen, so daß am Ausgang des Entzerrers 20 im wesentlichen keine MAI vorliegt. Im Mehrfachnutzertdetektor 35 muß daher in diesem Fall keine MAI eliminiert werden, so daß folgende Rechenvorschrift zur Ermittlung der Empfänger-Vektoren  $\bar{a}^{(k)}$ ,  $k=1, \dots, K$  mit  $K=2$  in diesem Ausführungsbeispiel zugrundegelegt werden kann:

$$\begin{pmatrix} \bar{a}^{(1)} \\ \bar{a}^{(2)} \\ \vdots \\ \bar{a}^{(K)} \end{pmatrix} = C^H$$

mit der Codematrix  $C = (\bar{c}^{(1)T}, \bar{c}^{(2)T})$ , wobei  $C^H$  die konjugiert komplexe transponierte Codematrix  $C$  ist. Die Codevektoren  $\bar{c}^{(1)}$ ,  $\bar{c}^{(2)}$  sind dabei im Codespeicher 40 gespeichert. Die Rechenvorschrift zur Ermittlung der Empfänger-Vektoren  $\bar{a}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  ändert sich nur, wenn sich die Codevektoren  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, 2$  im Codespeicher 40 ändern. Dies ist nur dann der Fall, wenn bestehende Funkverbindungen zwischen der Basisstation 1 und den Mobilstationen 5, 10, 15 beendet oder neue Funkverbindungen aufgebaut werden, so daß die Codematrix  $C$  in der Regel nicht ständig neu ermittelt werden muß, wodurch gegenüber anderen Joint-Detection-Verfahren, bei denen die Matrix zur Ermittlung des decodierten Nutzersignalvektors  $\bar{d}^{(1)}$  zusammen mit der Schätzung der Impulsantwort des Übertragungskanals ständig neu ermittelt werden muß, erheblicher Rechenaufwand eingespart werden kann. Zur Aktualisierung des Codespeichers 40 können die neuen Codevektoren  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, \dots, K$  von der Basisstation 1 zu den entsprechenden Codespeichern der Mobilstationen 5, 10, 15 übertragen werden. Dazu kann gemäß Fig. 2 das vom Empfänger 30 empfangene Funksignal nach Eliminierung von ISI und MAI vom Ausgang des Mehrfachnutzertdetektors 35 zusätzlich dem Codespeicher 40 über eine Extraktionschaltung 45 zur Detektion und Extraktion von Codevektoren aus dem entsprechend aufbereiteten Funksignal zugeführt sein. Die Detektion und Extraktion der Codevektoren in der Extraktionschaltung 45 kann dabei beispielsweise mit Hilfe mit dem Funksignal mitgesendeter Erkennungssignale erfolgen, so daß im Codespeicher 40 nur empfangene neue Codevektoren gegebenenfalls nach entsprechender Fehlerkorrektur mit bekannten Fehlerkorrekturmaßnahmen abgespeichert werden, nicht jedoch sonstige Signalinhalte des entsprechend aufbereiteten von der entsprechenden Mobilstation empfangenen Funksignals.

Der decodierte Nutzersignalvektor  $\bar{d}^{(1)}$  am Ausgang des Mehrfachnutzertdetektors 35 stellt eine Schätzung für einen von der Basisstation 1 an die erste Mobilstation 5 übertragenen Datenblock  $\bar{d}^{(1)}$  dar. Für den Fall, daß keine zueinander orthogonalen Codevektoren  $\bar{c}^{(k)}$ ,  $k=1, \dots, K$ , wobei  $K=2$  in diesem Ausführungsbeispiel, verwendet werden, liegt am Ausgang des Entzerrers 20, MAI im entzerrten codierten Gesamtnutzersignalvektor  $r^{(1)}$  vor. Dabei kann die MAI im Mehrfachnutzertdetektor 35 durch eine modifizierte Rechenvorschrift für die Berechnung der Empfänger-Vektoren  $\bar{a}^{(k)}$ ,  $k=1, \dots, K$ , wobei  $K=2$  in diesem Ausführungsbeispiel eliminiert werden, wobei die modifizierte Rechenvorschrift lautet:

$$\begin{pmatrix} \bar{a}^{(1)} \\ \bar{a}^{(2)} \\ \vdots \\ \bar{a}^{(K)} \end{pmatrix} = (C^H \cdot C)^{-1} \cdot C^H \text{ mit der Codematrix } C = (\bar{c}^{(1)T}, \bar{c}^{(2)T}, \dots, \bar{c}^{(K)T}).$$

Auch in diesem Fall kann dem Mehrfachnutzertdetektor 35 ein Entscheider, beispielsweise gemäß einem DF nachgeschaltet werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

# DE 198 26 036 A 1

## Patentansprüche

5 1. Verfahren zur Trennung von mehreren überlagerten codierten Nutzersignalen und zur Unterdrückung von Verzerrungen eines Funksignals, die sich aufgrund von Mehrwegeempfang ergeben, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Punkt- zu Mehrpunktübertragung, insbesondere bei einer Übertragung eines CDMA-codierten Funksignals (Code Division Multiple Access) von einer Basisstation (1) zu einer Mobilstation (5, 10, 15), in einem ersten Schritt eine Schätzung  $\bar{h}^{(k)}$  einer Impulsantwort  $\bar{h}^{(k)}$  ermittelt wird, die einen Übertragungskanal zu einem Nutzer  $k$  für den Mehrwegeempfang beschreibt, daß Verzerrungen des empfangenen Funksignals aufgrund des Mehrwegeempfangs von einem Entzerrer (20) des Nutzers  $k$  in Abhängigkeit der Schätzung  $\bar{h}^{(k)}$  unterdrückt werden und daß in einem zweiten Schritt aus dem entzerrten empfangenen Funksignal die codierten Nutzersignale in Abhängigkeit von bei der Codierung der Nutzersignale verwendeten Codes voneinander getrennt werden.

10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem zweiten Schritt aus dem entzerrten empfangenen Funksignal Interferenzen, die sich aus der Überlagerung der codierten Nutzersignale ergeben, in Abhängigkeit der bei der Codierung der Nutzersignale verwendeten Codes eliminiert werden, vorzugsweise nach einem Joint Detection Verfahren, insbesondere mit einer Datenentscheidung gemäß einem Decision Feedback Verfahren.

15 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Nutzer  $k$  einer vorgegebenen Anzahl  $K$  von Nutzern ein individueller Codevektor  $\bar{c}^{(k)}$  mit einer vorgegebenen Anzahl  $Q$  von Komponenten  $c_1^{(k)}, c_2^{(k)}, \dots, c_Q^{(k)}$  zugeordnet wird und daß bei der Codierung der Nutzersignale Datenblöcke  $\bar{d}^{(k)}$  mit einer vorgegebenen Anzahl  $M$  von Datensymbolen  $d_1^{(k)}, d_2^{(k)}, \dots, d_M^{(k)}$  codiert werden, wobei jedes der Datensymbole  $d_1^{(k)}, d_2^{(k)}, \dots, d_M^{(k)}$  nacheinander mit allen Komponenten  $c_1^{(k)}, c_2^{(k)}, \dots, c_Q^{(k)}$  des Codevektors  $\bar{c}^{(k)}$  multipliziert wird und ein codierter Nutzersignalvektor  $\bar{s}^{(k)}$  mit den dabei entstehenden Produkten  $d_1^{(k)} \cdot c_1^{(k)}, \dots, d_1^{(k)} \cdot c_Q^{(k)}, \dots, d_M^{(k)} \cdot c_1^{(k)}, \dots, d_M^{(k)} \cdot c_Q^{(k)}$  Komponenten gebildet wird.

20 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl  $M$  von Datensymbolen in einem Datenblock gleich Eins gewählt wird.

25 5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die codierten Nutzersignalvektoren  $\bar{s}^{(k)}$  additiv zu einem codierten Gesamtnutzersignalvektor

$$30 \bar{s} = \sum_{k=1}^K \bar{s}^{(k)}$$

überlagert im Übertragungskanal zum Nutzer  $k$  übertragen werden und daß in einem Kanalschätzer (25) des Nutzers  $k$  durch Vergleich einer empfangenen Referenzdatenfolge, die, vorzugsweise wiederholt, mit den codierten Nutzersignalen übertragen wird, mit einer vorbekannten Referenzdatenfolge die Schätzung  $\bar{h}^{(k)}$  für die Impulsantwort  $\bar{h}^{(k)}$  des Übertragungskanals zum Nutzer  $k$  ermittelt wird und daß in Abhängigkeit der Schätzung  $\bar{h}^{(k)}$  im Entzerrer (20) eine Impulsantwort  $\bar{e}^{(k)}$  eingestellt wird, durch die im ersten Schritt Verzerrungen aufgrund von Mehrwegeempfang des übertragenen codierten Gesamtnutzersignalvektors  $\bar{s}$  unterdrückt werden, wobei sich ein entzerrter codierter Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{r}^{(k)}$  ergibt.

40 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der im ersten Schritt gebildete entzerrte codierte Gesamtnutzersignalvektor  $\bar{r}^{(k)}$  in einzelne dekodierte Nutzersignalvektoren  $\bar{d}^{(k)}$  für den entsprechenden Nutzer  $k$  unter Verwendung von Empfänger-Vektoren  $\bar{a}^{(k)}$  mit

$$45 \bar{d}^{(k)} = \left( \begin{array}{ccccc} \bar{a}^{(k)} & \bar{0} & \dots & \bar{0} & \bar{0} \\ \bar{0} & \bar{a}^{(k)} & \bar{0} & \dots & \bar{0} \\ \bar{0} & \bar{0} & \bar{0} & \dots & \bar{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \bar{0} & \bar{0} & \bar{0} & \dots & \bar{0} \\ \bar{0} & \bar{0} & \bar{0} & \dots & \bar{a}^{(k)} \\ \bar{0} & \bar{0} & \dots & \bar{0} & \bar{a}^{(k)} \end{array} \right)^T$$

55 55 zerlegt wird, wobei der Nullvektor  $\bar{0}$  die Dimension  $Q$  aufweist und die Empfänger-Vektoren  $\bar{a}^{(k)}$  sich aus den Codevektoren  $\bar{c}^{(k)}$  nach der Rechenvorschchrift

$$60 \begin{pmatrix} \bar{a}^{(1)} \\ \bar{a}^{(2)} \\ \vdots \\ \bar{a}^{(K)} \end{pmatrix} = C^H$$

65 mit der Codematrix  $C = (\bar{c}^{(1)T}, \bar{c}^{(2)T}, \dots, \bar{c}^{(K)T})$  ergeben und  $C^H$  die konjugiert komplexe transponierte Codematrix  $C$

ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der im ersten Schritt gebildete entzerrte codierte Gesamtnutzersignalvektor  $\vec{r}^{(k)}$  in einzelne dekodierte Nutzersignalvektoren  $\vec{d}'^{(k)}$  für den entsprechenden Nutzer  $k$  unter Verwendung von Empfänger-Vektoren  $\vec{a}^{(k)}$  mit

$$\vec{d}'^{(k)} = \left( \begin{pmatrix} \vec{a}^{(k)} & \vec{0} & \dots & \vec{0} & \vec{0} \\ \vec{0} & \vec{a}^{(k)} & \vec{0} & \dots & \vec{0} \\ \vec{0} & \vec{0} & \vec{0} & \dots & \vec{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vec{0} & \vec{0} & \vec{0} & \dots & \vec{0} \\ \vec{0} & \vec{0} & \vec{0} & \dots & \vec{a}^{(k)} \\ \vec{0} & \vec{0} & \dots & \vec{0} & \vec{a}^{(k)} \end{pmatrix} \cdot \vec{r}^{(k)T} \right)^T$$

zerlegt und von Interferenzen, die sich aus der Überlagerung der codierten Nutzsignale ergeben, befreit wird, wobei der Nullvektor  $\vec{0}$  die Dimension  $Q$  aufweist und die Empfänger-Vektoren  $\vec{a}^{(k)}$  sich aus den Codevektoren  $\vec{c}^{(k)}$  nach der Rechenvorschrift

$$\begin{pmatrix} \vec{a}^{(1)} \\ \vec{a}^{(2)} \\ \vdots \\ \vec{a}^{(K)} \end{pmatrix} = (\mathbf{C}^H \cdot \mathbf{C})^{-1} \cdot \mathbf{C}^H$$

mit der Codematrix  $\mathbf{C} = (\vec{c}^{(1)T}, \vec{c}^{(2)T}, \dots, \vec{c}^{(K)T})$  ergeben und  $\mathbf{C}^H$  die konjugiert komplexe transponierte Codematrix  $\mathbf{C}$  ist.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zueinander orthogonale Codevektoren  $\vec{c}^{(k)}$ ,  $k=1, \dots, K$  verwendet werden, insbesondere in einem UMTS-System (Universal Mobile Telecommunications System).

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

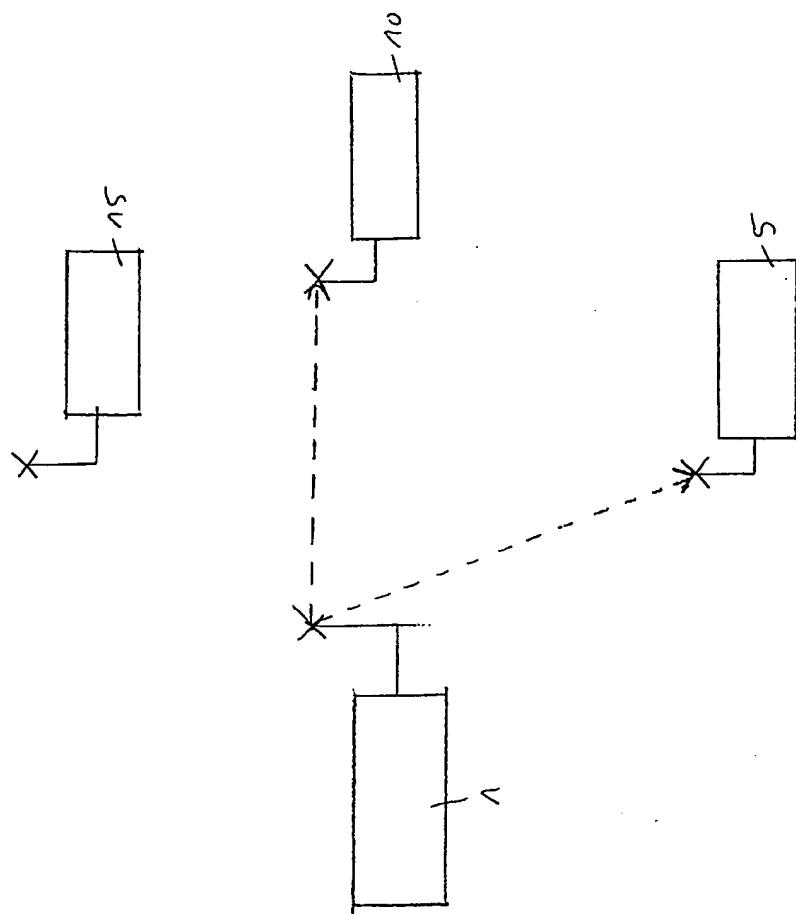
55

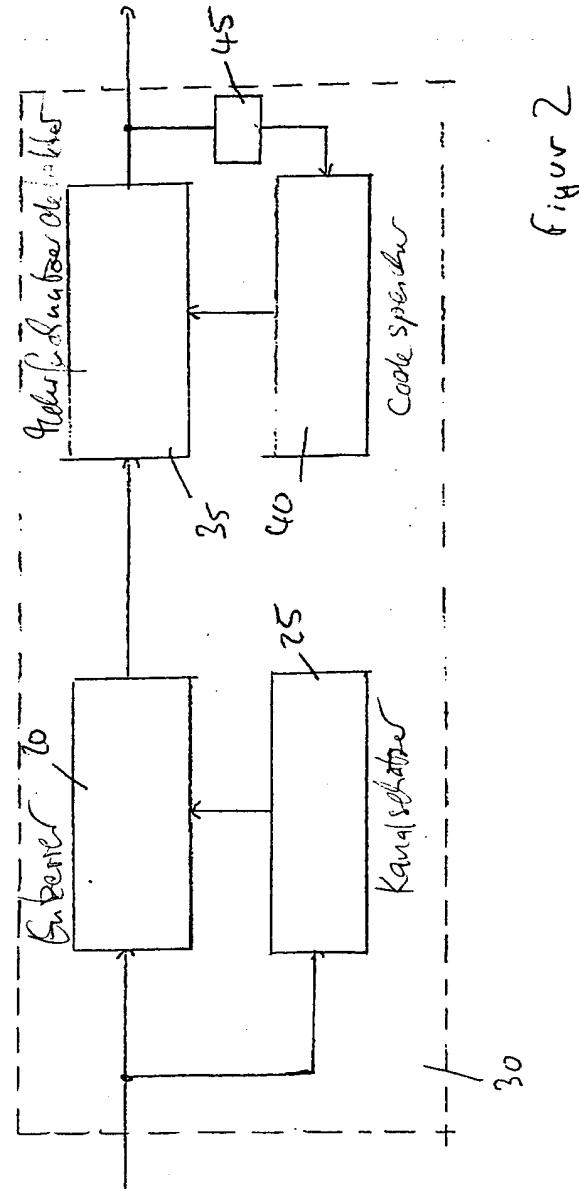
60

65

**- Leerseite -**

Figur A





figur 2

**No English title available.**

Patent Number: DE19826036  
Publication date: 1999-12-16  
Inventor(s): KOWALEWSKI FRANK (DE)  
Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
Requested Patent: DE19826036  
Application Number: DE19981026036 19980612  
Priority Number(s): DE19981026036 19980612  
IPC Classification: H04J13/00; H04L27/01; H04Q7/20  
EC Classification: H04B1/707F2J2, H04B1/707F3, H04B7/08C4C  
Equivalents: WO9965153

---

**Abstract**

---

The invention relates to a method for separating a plurality of superimposed coded user signals and for suppressing distortions of a radio signal which ensue as a result of multipath reception. An estimation  $h'<(k)>$  of an impulse response  $h<(k)>$  is established in a first step during a point-to-multipoint transmission, especially during a transmission of a CDMA-coded radio signal (Code Division Multiple Access) from a base station (1) to a mobile station (5, 10, 15). Said impulse response  $h<(k)>$  describes a transmission channel to a user  $k$  for the multipath reception. Distortions of the received radio signal as a result of the multipath reception are suppressed by an equalizer (20) of the user  $k$  according to the estimation  $h'<(k)>$ . From the equalized received radio signal, the coded user signals are separated from one another in a second step according to codes which are used during the coding of the user signals. In the second step, interferences which result from superimposing the coded user signals are eliminated from the equalized received radio signal according to the codes used during the coding of the user signals, whereby a joint-detection method can preferably be used especially with a data decision according to a decision-feedback method.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

DOCKET NO: L&L-10026  
SERIAL NO: \_\_\_\_\_  
APPLICANT: P. Tung et al.  
LERNER AND GREENBERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100